



В.И. Сулинов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ И ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

**Расчет и проектирование нестандартного
деревоорежущего инструмента**

Екатеринбург
2013

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Кафедра станков и инструментов

В.И. Сулинов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ И ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Расчет и проектирование нестандартного деревоорежущего инструмента

Методические указания
для проведения практических занятий со студентами
очной формы обучения
направления 250300 «Технология и оборудование лесозаготовительных
и деревообрабатывающих производств»
250400 «Технологические машины и оборудование»
специальность 250403 «Технология деревообработки»

Екатеринбург
2013

Печатается по рекомендации методической комиссии ФМТД.
Протокол № 1 от 15 сентября 2012 г.

Рецензент: канд. техн. наук, профессор кафедры станков и инструментов
И. Т. Глебов

Редактор Р.В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упорова

Подписано в печать 7.05.2013		Поз. 68
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ	Печ. л. 1,63	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Цель методических указаний – углубить знания студентов специальности 250403 «Технология деревообработки» по основным теоретическим вопросам изучаемой дисциплины «Проектирование деревообрабатывающего оборудования и дереворежущего инструмента», показать на практике некоторые особенности проектирования специального дереворежущего инструмента.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Специальным [1] называют режущий инструмент определенного вида (например, пила круглая, фреза сборная, сверло и т. д.), предназначенный для конкретных условий его эксплуатации.

Исходными данными при проектировании специального инструмента служат чертеж на деталь, для обработки которой проектируется инструмент, годовая программа выпуска детали; характеристика станка, на котором будет установлен инструмент.

На каждом этапе проектирования следует учитывать требования, предъявляемые к дереворежущему инструменту:

- по технологичности изготовления: простота конструкции, экономное расходование дефицитных материалов;
- по надежности эксплуатации: обеспечение заданной производительности обработки. Обеспечение требуемой точности и шероховатости обработанной поверхности, высокие стойкость и ресурс инструмента, безопасность;
- технологичность подготовки к работе: удобство заточки. Простота наладки и установки в станок, удобство уравнивания быстровращающихся инструментов.

2. ФРЕЗЫ, ИХ ТИПЫ

2.1. Сборные фрезы

2.1.1. Устройство

Сборные инструменты (рис. 1) состоят из корпуса 1, сменных режущих элементов 2, устройств их регулирования 3 и закрепления (4, 5). Наличие сменных режущих элементов позволяет существенно уменьшить расход инструментальных материалов и обеспечивает постоянство диаметра резания.

В практике деревообработки для плоского цилиндрического фрезирования используют обычно прямые призматические ножи.

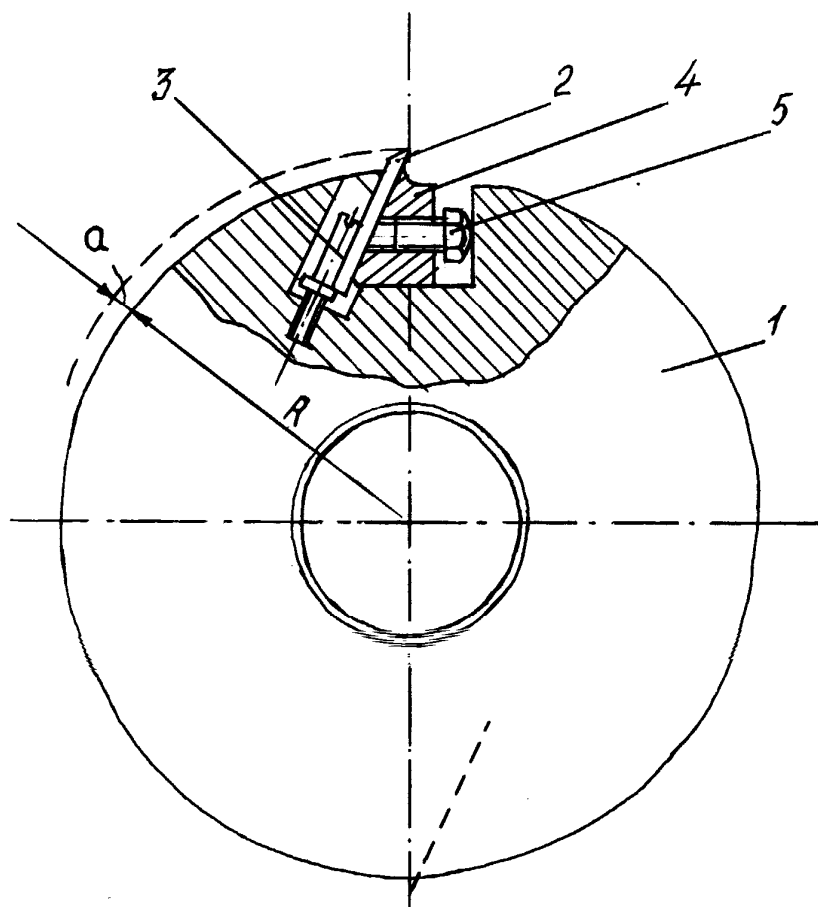


Рис. 1. Сборная фреза с клиновым креплением призматических ножей

Призматический нож (рис. 1) прижимается к стенке корпуса специальной клиновидной планкой 4 с помощью винтов 5. Распорное усилие от каждого винта 5 создается при его вывинчивании из клина 4. Для того, чтобы клин не смещался, головки прижимных винтов выполнены со сферической поверхностью.

Регулировочными винтами 3 настраиваются ножи 2 на величину выступа их лезвий по отношению к цилиндрической поверхности корпуса фрезы. Обычно величина выступа ножей типа I толщиной $\delta = 3$ мм по ГОСТ 6567–75 не превышает 1,5...2 мм.

Основные размеры ножей типа I приведены в табл. 1.

Ножи типа I однослойные изготавливают из сталей P9; 9X5ВФ; Х6ВФ. Угол заточки $\beta = 40^\circ \pm 2$. Твердость после закалки 55...59 HRC. Данные ножи затачивают по плоской задней поверхности на универсально-заточных или специализированных ножеточильных станках.

Таблица 1

Параметры ножей

Длина L , мм	Ширина b , мм	Длина L , мм	Ширина b , мм
25; 40; 60	25	40; 60; 80; 90; 100;	40
25; 40; 60; 80; 90;	32	110; 130; 140; 170;	
100; 110; 130; 140;		200; 260; 310; 325;	40
170; 200; 260; 310;		410; 610; 810; 1260;	
325; 410; 610		1610	

Минимальная допускаемая ширина ножа B_{min} по условиям надежного его закрепления составляет 15...20 мм. Разница между начальной B и минимальной B_{min} шириной определяет ресурс ножа. Обычно на переточку предусматривают около половины начальной ширины. Следовательно, начальный размер ширины ножа $B = 25...50$ мм.

Клиновидная планка 4 для стандартной сборной фрезы представлена на рис. 2

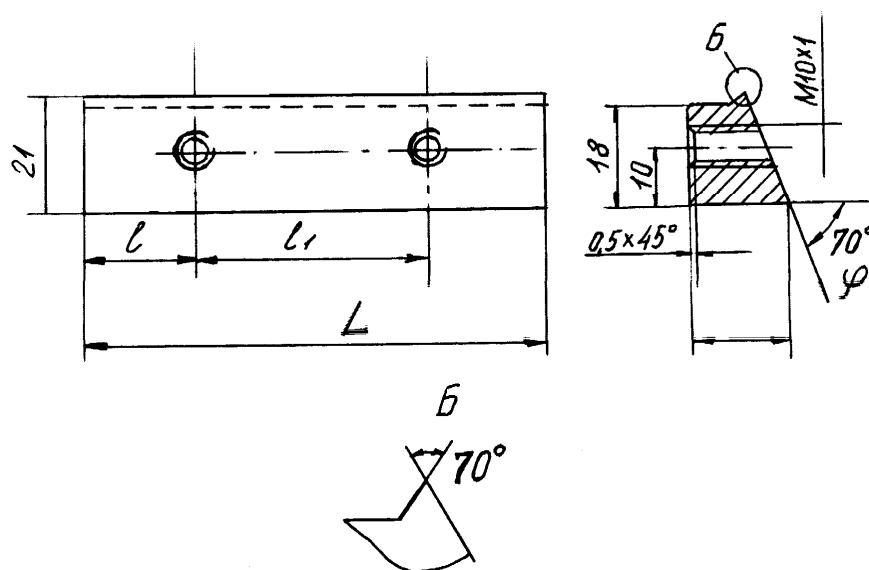


Рис. 2. Чертеж клиновидной планки

Клиновидная планка (клин) чаще всего имеет в сечении вид прямоугольной трапеции, высота которой приблизительно равна длине большего основания. Угол у основания трапеции зависит от величины переднего угла резания γ , т. е. $\varphi = 90^\circ - \gamma$.

Размеры клина l и l_1 , количество m распорных винтов выбирают по табл. 2 в зависимости от длины клина L , равной длине ножа [1].

Таблица 2

Параметры клиновидных планок

Параметры	Длина клина L , мм								
	25	40	60	90	110	130	170	200	260
l , мм	12,5	7,5	10		25				
l_l , мм		25		40	30	40	60	50	70
m , штук	1	2			3			4	

Неплоскостность поверхности клиновидной планки, примыкающей к поверхности ножа, не более 0,03 мм на 100 мм длины. Непрямолинейность вершины стружколомателя не должна превышать 0,1 мм на 100 мм длины. Разность в массе клиньев, входящих в комплект фрезы, не должна превышать при массе клина до 100 г – 0,2 г, от 100 до 300 г – 0,3 г, свыше 300 г – 0,1% массы клина. Распорные винты 5 (рис. 1) изготавливают из стали 45Х или 40Х, твердость HRC 35...42.

Порядок проектирования сборных фрез следующий:

- назначается материал для режущей части фрезы;
- выбирается форма режущего элемента;
- устанавливаются линейные и угловые параметры фрезы;
- определяются конструктивные параметры фрезы;
- производится расчет устройств для регулирования и крепления режущих элементов;
- разрабатывается рабочий проект чертежей на фрезу;
- назначаются основные технические требования.

2.1.2. Расчет клинового крепления ножей

Из анализа конструкции сборной фрезы с клиновым креплением ножа (рис. 1) можно заключить, что режущий элемент данной фрезы удерживается в процессе вращения исключительно силами трения.

При вращении фрезы на клин и нож действуют центробежные силы F_k и F_n (рис. 3).

Под действием проекции F_n на ось Y нож стремится вылетать из паза корпуса. Этому препятствуют силы трения ножа по стенке паза и по поверхности клина.

Силы трения возникают в результате сил нормального давления со стороны прижимных винтов F_v . Проекция сил на ось X F_{vx} и F_{vx} создают силы трения по обеим поверхностям, а F_{nx} только по стенке паза. С учетом сказанного условие равновесия ножа можно записать так:

$$F_{nY} \leq f(2F_{vx} + 2F_{vx} + F_{nx}), \quad (1)$$

где f – коэффициент трения, $f = 0,12 \dots 0,18$.

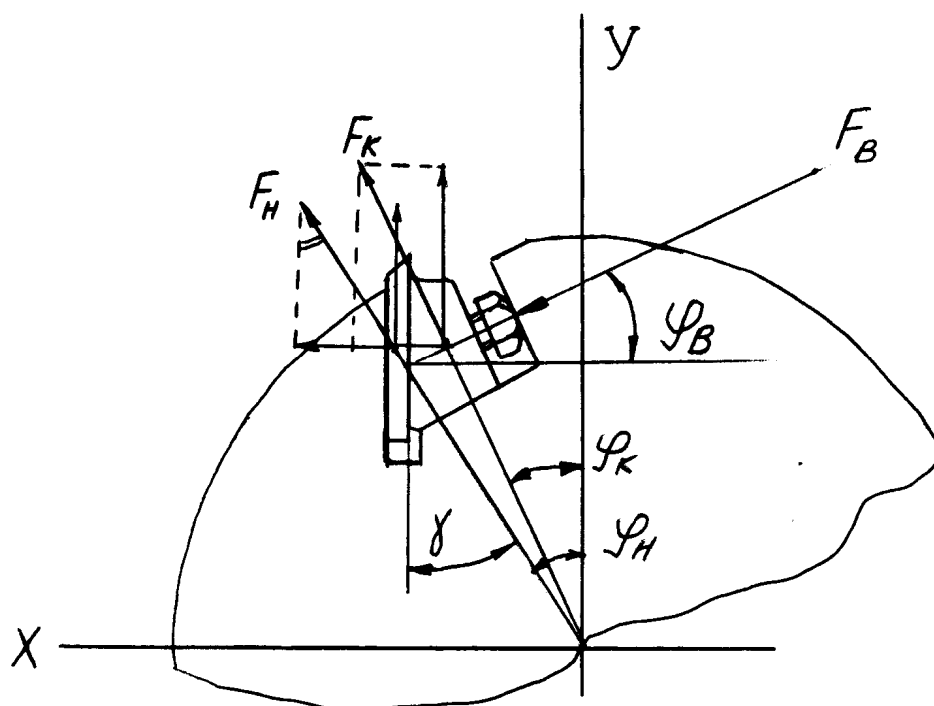


Рис. 3. Схема к расчету клиновидного крепления ножа

Выразив проекции сил через углы, образуемые векторами центростремительных сил клина и ножа, а также силы от прижимных винтов с осями X и Y , получим

$$F_H \cos \varphi_H \leq f(2F_B \cdot \cos \varphi_B + 2F_K \cdot \sin \varphi_K + F_H \cdot \sin \varphi_H). \quad (2)$$

Отсюда необходимое усилие затяжки всеми винтами

$$F_B = \frac{F_H \cos \varphi_H - f(2F_K \cdot \sin \varphi_K + F_H \cdot \sin \varphi_H)}{2f \cdot \cos \varphi_B}. \quad (3)$$

Усилие от затяжки одного винта 4

$$F_{B1} = \frac{2Tl}{2f \cos \varphi_B} = \frac{2Tl}{d_{cp} \operatorname{tg}(\beta + \rho)}, \quad (4)$$

где T – усилие на ключе, Н;

l – длина ключа, мм;

d_{cp} – средний диаметр резьбы, мм;

β – угол подъема резьбы, град;

ρ – угол трения, град.

Очевидно, что количество необходимых для крепления винтов может быть найдено путем деления F_B на F_{B1} .

Для выполнения практической работы каждым студентом на основе исходных данных выбранного варианта создается эскиз фрезы, аналогичный представленному на рис. 1 в масштабе 1:1. На выполненном эскизе фрезы устанавливаются приближенно центры масс ножа и клина. Соединив эти центры с центром оси вращения фрезы, получаем возможность графического определения углов действия центробежных сил φ_n и φ_k .

Пример. Дано: диаметр сборной фрезы $D = 180$ мм, ширина $B = 170$ мм. Частота вращения $n = 4500$ мин⁻¹. Масса ножа $m_n = 0,16$ кг, масса клина $m_k = 0,5$ кг; угол приложения сил от прижимных винтов $\varphi_b = 20^\circ$. Углы действия центральной силы и радиусы центра масс клина и ножа соответственно $\varphi_k = 29^\circ$, $r_k = 73$ мм; $\varphi_n = 38^\circ$, $r_n = 74$ мм. Крепежный винт – М10×1; $d_{cp} = 9,35$; усилие на ключе $T = 20$ Н, плечо ключа $l = 70$ мм, $\beta = 2^\circ 30'$, $\rho = 8^\circ 30'$. Углы действия центробежных сил ножа и клина $\varphi_n = 38^\circ$, $\varphi_k = 28^\circ$.

Определить количество винтов, необходимых для крепления ножа.

Решение. 1. Окружная скорость центра масс клина и ножа

$$V_k = \frac{2\pi \cdot 73 \cdot 4500}{60000} = 34,4 \text{ м/с.}$$

$$V_n = \frac{2\pi \cdot 74 \cdot 4500}{60000} = 34,87 \text{ м/с.}$$

2. Центробежные силы системы клин-винты и ножа

$$F_k = \frac{mV^2}{R} = \frac{0,5 \cdot 34,4^2}{0,073} = 8105,2 \text{ Н,}$$

$$F_n = \frac{0,16 \cdot 34,87^2}{0,074} = 2629 \text{ Н.}$$

3. Усилие от затяжки одним винтом по формуле (4)

$$F_{s1} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 70}{9,35 \cdot \operatorname{tg}(2^\circ 30' + 8^\circ 30')} = 1540 \text{ Н.}$$

Из рис. 3 определим, что $\varphi_n = 38^\circ$, $\varphi_k = 28^\circ$ и соответствующие тригонометрические функции для этих углов составят:

$$\cos \varphi_n = \cos 38^\circ = 0,788; \sin \varphi_n = \sin 38^\circ = 0,615;$$

$$\sin \varphi_k = \sin 28^\circ = 0,469; \cos \varphi_b = \cos 20^\circ = 0,94.$$

4. В этом случае необходимое усилие затяжки всеми винтами находим по формуле (3)

$$F_g = \frac{2629 \cdot 0,788 - 0,15 \cdot (2 \cdot 8105 \cdot 0,469 + 2629 \cdot 0,615)}{2 \cdot 0,15 \cdot 0,94} = 2442 \text{ Н.}$$

5. Количество винтов, необходимое для крепления ножа.

$$n = \frac{F_{\text{с}}}{F_{\text{с1}}} = \frac{2442}{1540} = 1,58 \text{ шт.}$$

Принимаем $n = 2$ шт.

2.1.3. Содержание практического занятия 1

В отведенное для занятия время каждым студентом выполняется рабочий чертеж сборной фрезы с клиновым креплением ножей в масштабе 1:1.

Исходные данные для выполнения рабочего чертежа фрезы принимаются из табл. 3.

Таблица 3

Параметры проектируемой фрезы

№ варианта	Диаметр сборной фрезы D , мм	Длина ножей L , мм	Частота вращения n , мин ⁻¹	Диаметр посадочного отверстия d , мм	Ширина ножа B , мм
1	180	200	3600	40	40
2	170	170	3500	40	40
3	160	140	3400	40	40
4	150	130	3500	40	32
5	140	110	3500	40	32
6	130	100	4000	32	32
7	125	100	4000	32	32
8	120	100	4000	32	32
9	115	100	4000	32	25
10	110	100	3800	32	25
11	105	90	3800	27	25
12	100	90	3800	27	25

2.1.4. Содержание практического занятия 2

Исходными данными для практического занятия 2 является рабочий чертеж сборной фрезы, выполненной на предыдущем занятии, а также ряд дополнительных сведений, получаемых расчетным методом. К числу дополнительных сведений относятся: масса ножа $m_{\text{н}}$; масса клина $m_{\text{к}}$; угол приложения сил от прижимных винтов $\varphi_{\text{в}}$; углы действия центробежных сил, а также радиусы центра масс клина и ножа $\varphi_{\text{к}}$, $\tau_{\text{к}}$ и $\varphi_{\text{н}}$, $\tau_{\text{н}}$ соответственно.

В качестве крепежного винта принимается винт М10×1. Усилие на ключе $T = 20 \dots 30$ Н. Радиус приложения силы на ключе $l = 70$ мм.

Задачей практического занятия № 2 является определение количества винтов, необходимых для крепления ножей для проектируемой сборной фрезы.

3. ЦЕЛЬНЫЕ ЗАТЫЛОВАННЫЕ ФРЕЗЫ

3.1. Общие сведения

Под цельными фрезами понимают те фрезы, которые целиком изготавливаются из одной заготовки инструментального материала или инструмент с корпусом из конструкционного материала и неразъемно – соединенных с ним (например, припаянных) режущих элементов, изготовленных из твердых сплавов.

Основное назначение цельных фрез – обработка профильных поверхностей. В зависимости от формы обрабатываемого профиля применяют *цельные одинарные* или *составные фрезы*.

По форме задней поверхности зубьев цельные фрезы делят на *остроконечные* и *затылованные*. Затылованными называют фрезы с криволинейной задней поверхностью в виде архимедовой спирали. Затачивают зубья затылованных фрез по плоской передней грани, при этом угловые параметры и профиль режущей кромки остаются практически неизменными. Затылованная фреза допускает в среднем 70–100 переточек за время ее эксплуатации. Для изготовления таких фрез необходимы специальные токарные затыловочные станки. Основным материалом для изготовления цельных фрез служат хромистые стали Х6ВФ и 8Х6ВМФ. При отсутствии этих сталей допускается замена на сталь марок ХВГ и 9ХС.

3.2. Выбор основных параметров

Основные параметры цельных затылованных фрез: диаметр окружности резания D , диаметр посадочного отверстия d , число зубьев Z , номинальные угловые параметры зубьев α , β , γ .

Диаметр фрезы должен быть согласован с диаметром оправки шпинделя. Обычно выдерживают соотношение, по которому диаметр фрезы D превышает диаметр оправки примерно в 4 раза.

Диаметр D новой фрезы должен соответствовать нормализованному ряду (80, 100, 125, 140, 160, 180 мм).

Диаметр посадочного отверстия d определяется диаметром съемной оправки или диаметром посадочного участка шпинделя станка. Нормальный ряд диаметров оправок станков фрезерной группы 22, 27, 32 и

40 мм. На шпинделе фрезы принято устанавливать по скользящей посадке (H7/h7).

Число зубьев фрезы $Z = 2, 4, 6$. Меньшее значение Z принимают при работе на станке с ручной подачей. Для станков с механической подачей $Z = 4, 6$.

При выборе угловых параметров руководствуются следующими соображениями [1]:

- при фрезеровании древесины вдоль волокон задний угол $\alpha = 10 \dots 15^\circ$, поперек волокон – $\alpha = 5 \dots 10^\circ$.

- передний угол при фрезеровании вдоль волокон для мягких пород $\gamma = 20 \dots 25^\circ$, твердых – $\gamma = 10 \dots 15^\circ$.

3.3. Анализ профиля фрезы

Анализ профиля основан на выявлении участков, лежащих в плоскости вращения фрезы или наклоненных к ней под малым углом $\delta < 10^\circ$. Если профиль детали односторонний, то для устранения трения боковой поверхности зуба [2] соответствующую сторону затылка зуба подвергают косой боковой обточке под углом $\tau = 2 \dots 4^\circ$.

Конечным результатом анализа профиля фрезы могут быть следующие выводы:

- профиль пригоден для обработки цельной фрезой;
- профиль может быть упрощен или изменен для обработки цельной фрезой;
- для обработки данного профиля целесообразно использовать составную фрезу.

3.4. Профилирование зубьев фрезы

Профилирование зуба состоит в нахождении профиля режущей кромки, обеспечивающего получение заданного профиля детали.

Профилирование зуба можно осуществить графическим и аналитическим методами. Графический метод более нагляден, но точность его невысока. Поэтому предпочтение следует отдавать аналитическому профилированию.

Характерными точками обрабатываемого профиля (рис.4) являются все точки перегиба, перехода и сопряжений линий контура. На криволинейных участках точки намечают произвольно, но в достаточном для построения профиля количестве.

Так как режущая кромка фрезы B_f должна перекрывать ширину обрабатываемой детали B , то обычно рекомендуют принимать [1] величину

уширения расчетного профиля фрезы около нижней точки $a = 5$ мм, а около верхней точки $b = 3$ мм.

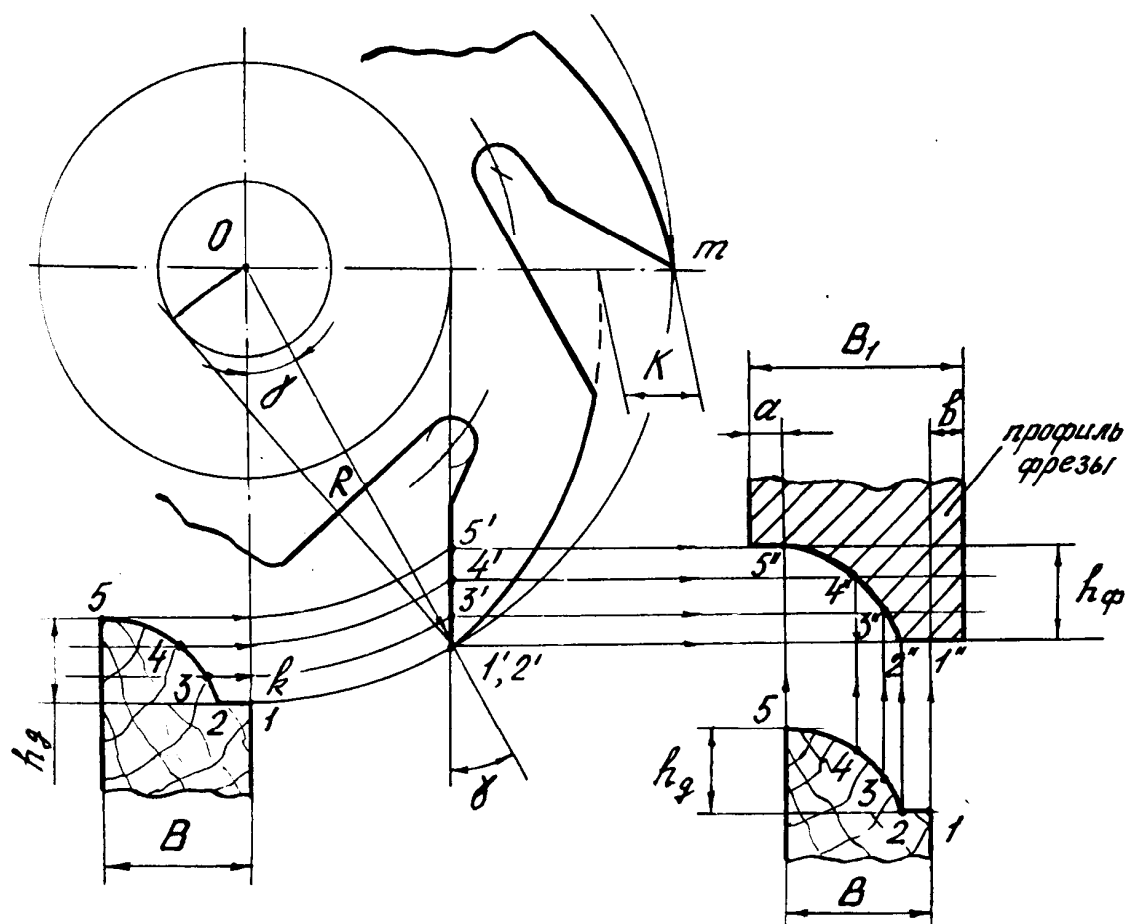


Рис. 4. Графическое профилирование зуба фрезы в плоскости передней грани

Порядок графического профилирования следующий (рис. 4).

- в увеличенном масштабе, например $2 : 1$, вычерчивают профиль детали;
- проецируют характерные точки профиля на вертикальную ось ОК, являющуюся радиусом фрезы R (с учетом принятого масштаба);
- из центра O радиусом R вычерчивают дугу km , проводят луч $01'$ под углом γ к оси ОК;
- из точки $1'$ проводят линию, параллельную ОК. Эта линия является проекцией передней грани зуба фрезы на плоскость чертежа;
- точки профиля с вертикали ОК циркулем сносят на проекцию передней грани, получая точки $1', 2', \dots, 5'$;
- правее передней грани зуба без изменения масштаба вторично вычерчивают профиль обрабатываемой детали;

– из всех характерных точек профиля детали проводят вертикальные линии до пересечения с горизонтальными линиями от одноименных точек на передней грани. Соединяют точки пересечения линией, являющейся искомым профилем режущей кромки в плоскости передней грани.

Непосредственно измеряя полученное значение высоты профиля фрезы h_ϕ в плоскости передней грани, не трудно убедиться в том, что $h_\phi > h_\delta$. Однако графическое профилирование не всегда обеспечивает должную точность. Более точное значение высотных отметок профиля фрезы можно получить расчетным путем.

3.5. Аналитический расчет профиля фрезы

Все осевые размеры зуба фрезы остаются неизменными, а высотные размеры в плоскости передней грани определяются следующим образом.

Характерные точки профиля фрезы на передней грани зуба принадлежат определенным хордам на окружностях, проходящих через точки 1', 3' и т.д.

Длина любой хорды может быть найдена по формуле

$$l = 2\sqrt{2hR - h^2}, \quad (5)$$

где l – длина хорды, мм;

h – высота сегмента, отсекаемого данной хордой, мм;

R – радиус окружности, мм.

Для любых рассматриваемых точек профиля искомое расстояние между этими точками может быть найдено из условия

$$h_\phi = \frac{l_1 - l_2}{2}, \quad (6)$$

где h_ϕ – высота профиля фрезы в плоскости передней грани;

l_1 и l_2 – соответствующие длины хорд.

Длина хорды окружности с максимальным радиусом, т.е. R

$$l_1 = 2R\sqrt{1 - (\sin \gamma)^2}. \quad (7)$$

Длина хорды окружности с любым радиусом $R_i < R$ находится из формулы

$$l_2 = 2\sqrt{(R - h_\delta - R \sin \gamma)(R - h_\delta + R \sin \gamma)}, \quad (8)$$

где h_δ – либо полная высота профиля детали, либо текущая координата этого профиля.

Пример. Определить высоту профиля фрезы h_ϕ в плоскости передней грани для условия: наружный диаметр фрезы $D = 200$ мм, передний угол резания $\gamma = 25^\circ$, задний угол резания $\alpha = 12^\circ$, высота профиля детали $h_d = 20$ мм.

Решение: по формуле (7) находим l_1

$$l_1 = 200\sqrt{[1 - (\sin 25^\circ)^2]} = 181,26 \text{ мм.}$$

По формуле (8) находим l_2

$$l_2 = 2\sqrt{(100 - 20 - 100 \sin 25^\circ)(100 - 20 + 100 \sin 25^\circ)} = 135,85 \text{ мм.}$$

Высота профиля фрезы

$$h_\phi = \frac{l_1 - l_2}{2} = \frac{181,26 - 135,85}{2} = 22,705 \text{ мм.}$$

3.6. Расчет конструктивных параметров

Выполнение рабочего чертежа начинают с вычерчивания окружности посадочного отверстия d и габаритной окружности диаметром D (рис. 5). Внешнюю окружность делят на равные части в соответствии с принятым числом зубьев Z . Из точек деления 1, 2, 3, 4 и т.д. проводят линии передних граней под углом γ к радиусам в данных точках. Для упрощения построения линий передних граней зубьев из центра фрезы проводят вспомогательную окружность радиусом $R_1 = R \sin \gamma$, а из точек 1, 2, 3, ... – касательные к ней.

Далее на линиях передних граней от вершины каждого зуба откладывается отрезок прямой, равный максимальной высоте профиля фрезы в плоскости передней грани согласно формуле (6), плюс запас 3...5 мм. В конце каждого такого отрезка зафиксировем вспомогательную точку А.

Для того чтобы определить центры окружностей впадин зубьев на этих линиях дополнительно откладывают отрезок, равный $3R_2$. В данном случае радиус R_2 является радиусом окружности впадины, который принимается для фрез диаметром $D \leq 100$ мм в пределах $R_2 = 3...5$ мм, а для фрез с $D \leq 180$ мм – $R_2 = 5...8$ мм. Из точек А к окружности каждой впадины с радиусом R_2 проводят касательные линии.

Для построения затылка зуба по дуге окружности со смещенным центром вычерчивают вспомогательную окружность $R_3 = R \sin \alpha$ и из вершин зубьев 1, 2, 3 и т.д. в сторону вращения фрезы проводят касательные прямые линии. Полученные точки касания 1', 2', 3' и т.д. являются центрами соответствующих окружностей со смещенными центрами. Из этих точек проводят окружности (кривые затылка зуба) с учетом имеющихся перепадов профиля фрезы.

Положение замыкающей части зуба определяют так: под углом $W = 10...12^\circ$ к начальному радиусу каждого зуба строят второй радиус ОС; через точку В пересечений этого радиуса с нижней кривой затылка зуба

проводят прямую, касательную к окружности отверстия впадины до пересечения с верхней кривой затылка. Эта прямая является замыкающей частью зуба.

Если одну из внешних затыловочных кривых провести до пересечения с начальным радиусом фрезы, то получим отрезок прямой K (см. рис. 5) величина которого представляет собой уменьшение радиуса-вектора кривой затылка зуба при его повороте на угол $\varphi = 2\pi/Z$.

При оформлении затылков зубьев по дугам окружностей со смещенными центрами величина K (падение затыловочной кривой) определяется приближенно на основе измерения по чертежу.

В производственных условиях затылки зубьев часто выполняют по архимедовой спирали. В этом случае величина падения затыловочной кривой находится по формуле

$$K = \frac{\pi D \operatorname{tg} \alpha}{Z}, \quad (9)$$

где Z – число зубьев;

D – диаметр окружности резания, мм;

α – задний угол резания, град.

Для профилирования токарного резца и шлифовального круга нужны размеры зуба фрезы в радиальном сечении.

Высота профиля фрезы в радиальном сечении находится по формуле

$$h_{\phi p} = h_d - \Delta K, \quad (10)$$

где h_d – высота профиля детали, мм;

ΔK – линейное искажение профиля детали при проектировании затылков зубьев по архимедовой спирали определяемое по формуле

$$\Delta K = \frac{KW_c Z}{360}, \quad (11)$$

где W_c – угол искажения профиля детали – угол между радиусом R , соединяющим вершину зуба с центром фрезы, и лучом, соединяющим нижнюю точку профиля зуба фрезы на передней грани также с центром фрезы. Угол W_c определяется по формуле

$$W_c = \arcsin \left(\frac{D \sin \gamma}{D - 2h_d} \right) - \gamma. \quad (12)$$

После завершения вычерчивания главного вида фрезы приступают к построению ее второй проекции. При этом показывают разрез $1/4$ фрезы. Дальнейшие построения идут в следующем порядке:

– изображают контуры ступицы. Ширина опорной части фрезы принимается при ширине фрезы B до 20 мм $\nu = (0,8 \dots 1,0) B$, свыше 20 мм $\nu = (0,6 \dots 0,8) B$.

Рис. 5. Конструктивные элементы фрезы

– кольцевые выточки (ϕ_1) на торцевых поверхностях (с целью облегчения фрезы) принимаются конструктивно, но с таким расчетом, чтобы выточка по наибольшему диаметру d_2 не подходила к профильной поверхности затылка зуба ближе 3 мм. Глубина выточки от торцевой поверхности ступицы $a = 1,5 \dots 3$ мм;

– ширина опорной торцевой поверхности ϕ_1 ограничивается размером диаметра выточки d_1 и принимается в пределах от 8 до 15 мм в зависимости от диаметра фрезы $D = 80 \text{--} 180$ мм;

– для облегчения шлифования посадочного отверстия фрезы в нем делают выточку. Ширину опорных поясков l можно принять из расчета $l = 1/3b$. Глубина выточки составляет 1...2 мм. Углы выточки скругляют галтелью радиусом 0,2...1 мм;

– вертикальные линии зубьев, а также линии, имеющие наклон к диаметральной плоскости фрезы менее 10° , чаще всего выполняют с боковой обточкой затылка под углом $2 \dots 4^\circ$ (рис. 5).

Основное достоинство затылованных фрез состоит в сохранении нормальных углов резания и профиля режущих граней зубьев после соответствующих заточек.

3.7. Оформление чертежа

Чертеж должен содержать минимальное число видов, разрезов и сечений. На нем указывают размеры, отклонения формы, расположения, шероховатость поверхностей и другие параметры фрезы.

Согласно приведенному на рис. 6 примеру чертеж фрезы выполняется в двух проекциях на формате А3. В левом нижнем углу формата вычерчивается обрабатываемый профиль детали с необходимыми размерами, рядом приводится изображение профиля зуба фрезы в плоскости передней грани (вид по стрелке В).

Посадочное отверстие фрезы выполняют с посадкой H и качеством 7, например $\Phi 32H7$. Шероховатость поверхностей фрезы указывают с параметром R_a .

Рекомендуемый перечень технических требований

1. HRC, 57...61;
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий Н 14, валов h 14, остальных $\pm IT 14/2$;
3. Покрытие Хим. Окс. Прм.
4. * Размер для справок;
5. Фрезу балансировать статически. Дисбаланс не более 50 г·мм;
6. Фрезу испытать на разрыв при частоте $\geq 6000 \text{ мин}^{-1}$;
7. Остальные технические требования по ГОСТ 22749-77.

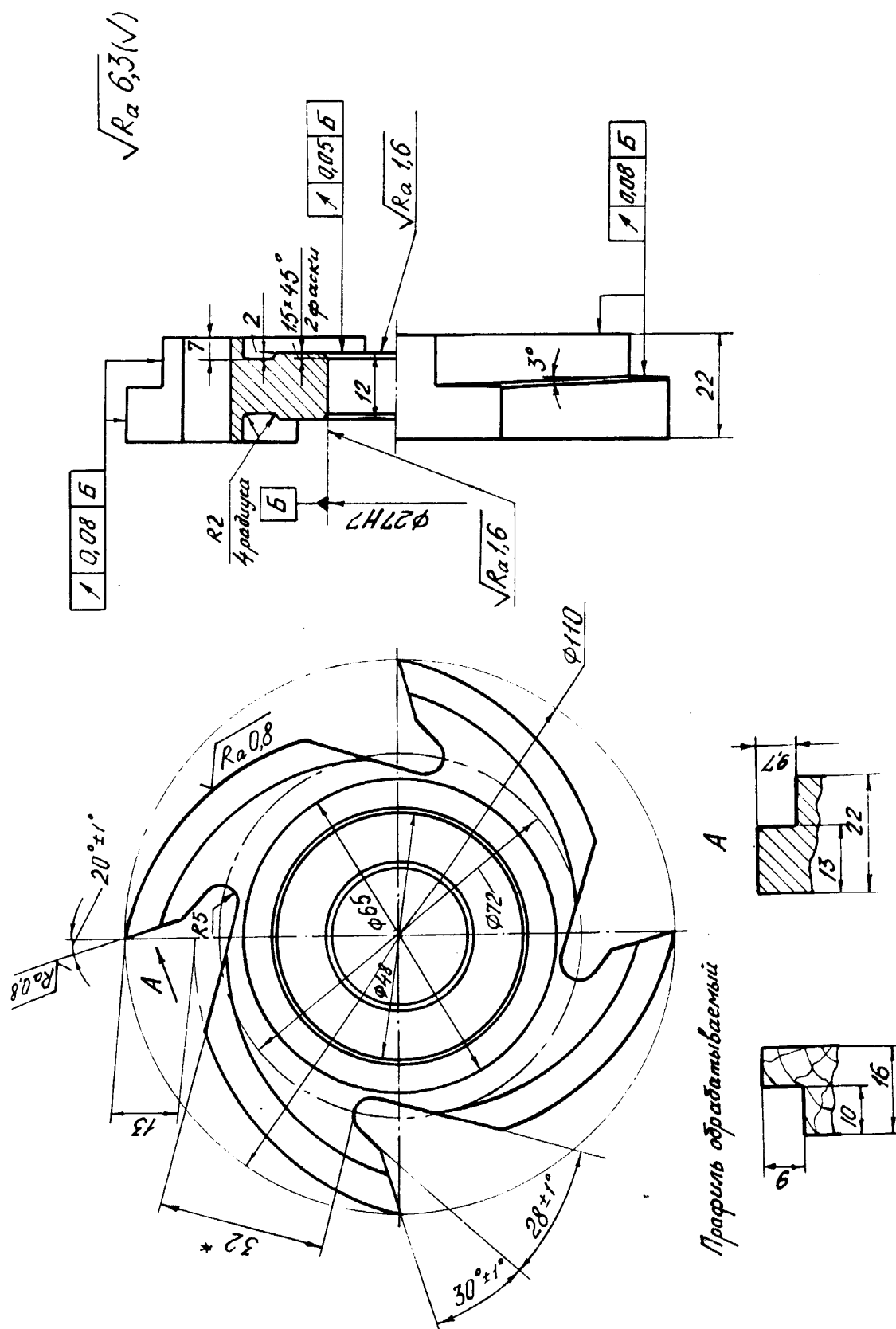


Рис. 6. Чертеж фрезы

3.8. Содержание практического занятия 3

Исходными данными для практического занятия 3 является профиль обрабатываемой детали и угловые и линейные параметры фрезы. На занятии выполняется расчет профиля фрезы, а также расчет ее основных конструктивных параметров. Рабочий чертеж фрезы представляется в виде домашнего задания. Формат чертежа А3.

4. РАСЧЕТ КРЕПЛЕНИЯ ДИСКОВОЙ ПИЛЫ НА ВАЛУ

В круглопильных станках при расходе мощности на пиление в пределах 10...11 кВт допускается осуществлять крепление пилы с помощью зажимных фланцев, как это показано на рис. 7.

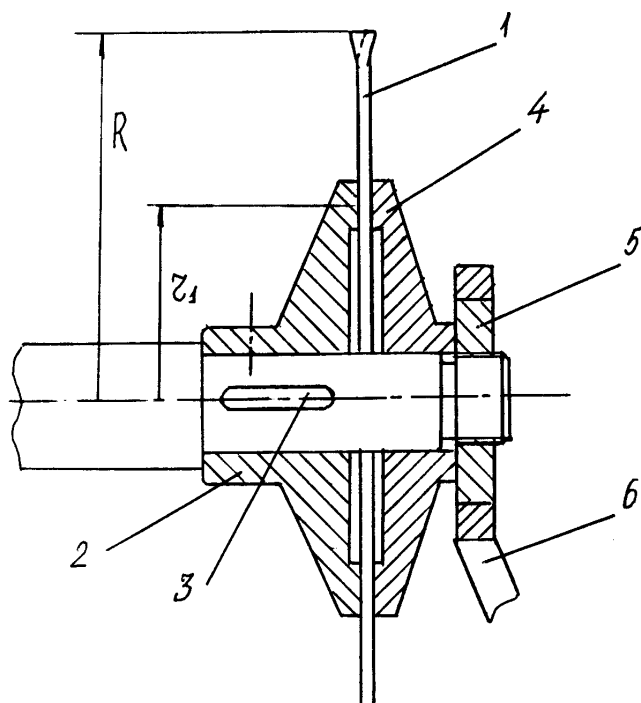


Рис. 7. Схема креплений круглой пилы на валу

Пила 1 зажата на валу между коренным фланцем 2, установленном на шпонке 3, и зажимным 4. Последний прижат к пиле гайкой 5, заворачиваемой с помощью гаечного ключа 6.

При креплении пилы должно быть выполнено условие

$$M_{тр} = \alpha M_p, \quad (13)$$

где $M_{тр}$ – момент силы трения на опорных поверхностях фланцев, Н·м;
 M_p – момент касательной силы резания относительно оси вращения, Н·м;
 α – коэффициент запаса ($\alpha \geq 4$).

В развернутом виде данное условие можно представить так

$$\alpha F_x R = 2 N f \tau_1, \quad (14)$$

где F_x – касательная сила резания, Н;

R – наружный радиус пилы, м;

f – коэффициент трения скольжения между пилой и фланцами ($f = 0,12 \dots 0,18$);

τ_1 – средний радиус окружности кольцевой опорной поверхности фланцев, м;

N – нормальное давление на пилу со стороны фланцев, Н.

Отсюда

$$N = \frac{\alpha F_x R}{2 f \tau_1}. \quad (15)$$

Касательная сила резания без учета КПД привода

$$F_x = \frac{1000 P}{V_2}, \quad (16)$$

где P – мощность электродвигателя механизма резания, кВт;

V_2 – скорость резания, м/с;

Усилие на ключе определяется [3] по формуле

$$T = \frac{N}{l} \left(\frac{S}{2\pi\eta} + f_{mp} \tau_2 \right), \quad (17)$$

где l – плечо гаечного ключа ($l = 0,2 \dots 0,4$), м;

T – усилие на ключе, Н;

S – шаг резьбы, м;

η – КПД резьбы.

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg}(\beta + \rho)},$$

где β – угол подъема резьбы, град.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{S}{\pi d_{cp}},$$

где d_{cp} – средний диаметр резьбы, м;

ρ – угол трения резьбы (для метрической резьбы $\rho \sim 6^\circ 40'$);

f – коэффициент трения сталь по стали ($f_{mp} = 0,12 \dots 0,18$);

τ_2 – средний радиус опорной поверхности гайки, м.

Для предотвращения самоотвинчивания гайки при работе пилы резьба должна иметь направление, обратное направлению вращения пилы.

4.1. Содержание практического занятия 4

Согласно принятого варианта задания вычертить эскиз крепления дисковой пилы, для которой определить усилие на ключе.

Общие данные: установлена пила с внешним диаметром 400 мм, внутренним – 50 мм. Передаваемая мощность на пиле $P = 10$ кВт, скорость главного движения $V_T = 50$ м/с, наружный диаметр зажимных фланцев $d = 125$ мм, средний радиус опорной поверхности фланца $r_1 = 57$ мм. Параметры резьбы на конце вала М36×1,5; средний радиус опорной поверхности гайки $r_2 = 28$ мм.

Таблица 4

Переменные параметры для занятия 4

№ варианта	Мощность привода пилы	Скорость главного движения	Длина гаечного ключа
1	2	80	200
2	3	75	200
3	4	70	200
4	5	65	200
5	6	60	250
6	7	55	250
7	8	50	250
8	9	45	250
9	10	50	300
10	7	55	300
11	5	60	300
12	8	60	300

Определить усилие на ключе T при длине ключа $l = 300$ мм.

Решение.

1. Для резьбы М36×1,5 средний диаметр резьбы $d_{cp} = d_H - H$, где H – высота профиля фрезы, мм. $H = 0,866 S$.

При шаге резьбы $S = 1,5$ высота профиля резьбы

$H = 0,866 \times 1,5 = 1,299$ мм. Отсюда $d_{cp} = 36 - 1,299 = 34,701$ мм.

2. Угол подъема резьбы находим из выражения

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{S}{\pi d_{cp}} = \frac{1,5}{\pi \cdot 34,701} = 0,0137,$$

отсюда $\operatorname{arctg} 0,0137 = 0,78^\circ$ $\beta = 0,78^\circ$

3. Коэффициент полезного действия резьбы

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} (\beta + \rho)},$$

где ρ – угол трения для метрической резьбы $\rho = 6,66^\circ$.

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} 0,78^\circ}{\operatorname{tg} (0,78^\circ + 6,66^\circ)} = 0,1.$$

4. Для передаваемой мощности $P = 10$ кВт касательная сила резания по формуле (16)

$$F_x = \frac{1000P}{V_r} = \frac{1000 \cdot 10}{50} = 200 \text{ Н.}$$

При $f_{Tp} = 0,15$; $R_{II} = 0,2$ м; $r_I = 0,057$ м давление на пилу со стороны фланцев находим по формуле (15)

$$N = \frac{\alpha F_x R_{II}}{2 f \tau_1} = \frac{4 \cdot 200 \cdot 0,2}{2 \cdot 0,15 \cdot 0,057} = 9356 \text{ Н.}$$

5. Усилие на ключе по формуле (17)

$$T = \frac{N}{l} \left(\frac{S}{2\pi\eta} + f_{Tp} r_2 \right) = \frac{9356}{300} \left(\frac{1,5}{2\pi \cdot 0,1} + 0,15 \cdot 28 \right) = 138 \text{ Н.}$$

5. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ НАСАДНЫХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ФРЕЗ

5.1. Общие сведения

Точность установки насадных (периодически переустанавливаемых) фрез зависит от способа центрирования их на посадочном участке шпинделя. Наиболее простой способ центрирования – непосредственная установка фрезы на шпинделе по скользящей посадке с последующим зажимом ее гайкой.

В этом случае погрешность установки фрезы по критерию эксцентricности между осями шпинделя и посадочного отверстия фрезы может достигать $\geq 0,05$ мм.

Более высокую точность установки насадной фрезы обеспечивает распространенный в отечественной практике способ крепления инструмента с помощью конусных цанговых втулок [1].

Недостатком этого способа крепления фрез является относительно высокая технологическая сложность изготовления цанг и их недостаточная надежность при эксплуатации.

В зарубежных моделях станков получили распространение гидрозажимные устройства для закрепления фрез.

Данное гидрозажимное устройство в виде упруго-деформируемой втулки, размещенной в корпусе фрезы, выполняет одновременно и центрирующие, и зажимные функции.

При воздействии гидропластмассы стенки втулки деформируются, благодаря чему осуществляется процесс самоцентрирования ее по отношению к оси шпинделя.

Таким образом, для осуществления данного способа центрирования необходимо, чтобы каждая из устанавливаемых фрез включала в себя гидрозажимной механизм.

С целью сокращения затрат на изготовление гидрозажимных механизмов авторами [4] предлагается устанавливать их не в корпусах фрез, а непосредственно на рабочем шпинделе.

5.2. Описание гидрозажимного устройства

Как видно из рис. 8, самоцентрирующаяся втулка 2 устанавливается на консоли шпинделя 1 по напряженной посадке, после чего наружная поверхность втулки обрабатывается до нужного посадочного размера корпуса фрезы 3. Самоцентрирование корпуса фрезы 3 по отношению к оси шпинделя достигается за счет разжима наружной поверхности втулки 2 на участке с утонченными стенками, на которые может воздействовать находящаяся под давлением гидропластмасса. Для размещения гидропластмассы в шпинделе имеется один осевой канал и два сквозных радиальных канала. Один радиальный канал служит для сообщения осевого канала с внутренней полостью тонкостенной втулки 2, а другой – выполняет функции выпускного отверстия.

В рабочем состоянии канал с выпускными отверстиями закрыт винтами-заглушками 4. Рабочее давление гидропластмассы обеспечивается при завинчивании нажимного винта 5, который в свою очередь воздействует на плунжер 6. Таким образом, нажимной винт 5 с плунжером 6 образуют силовой узел. Размеры нажимных винтов и плунжеров для самоцентрирующих приспособлений нормализованы [5].

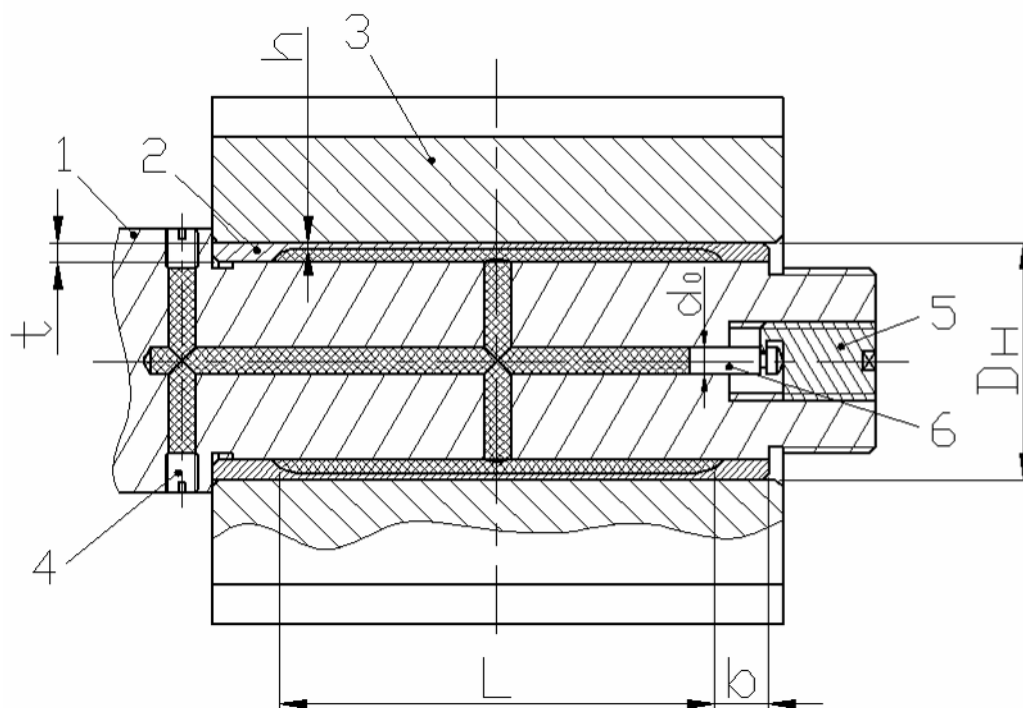


Рис. 8. Схема установки фрезы за счет самоцентрирующей втулки

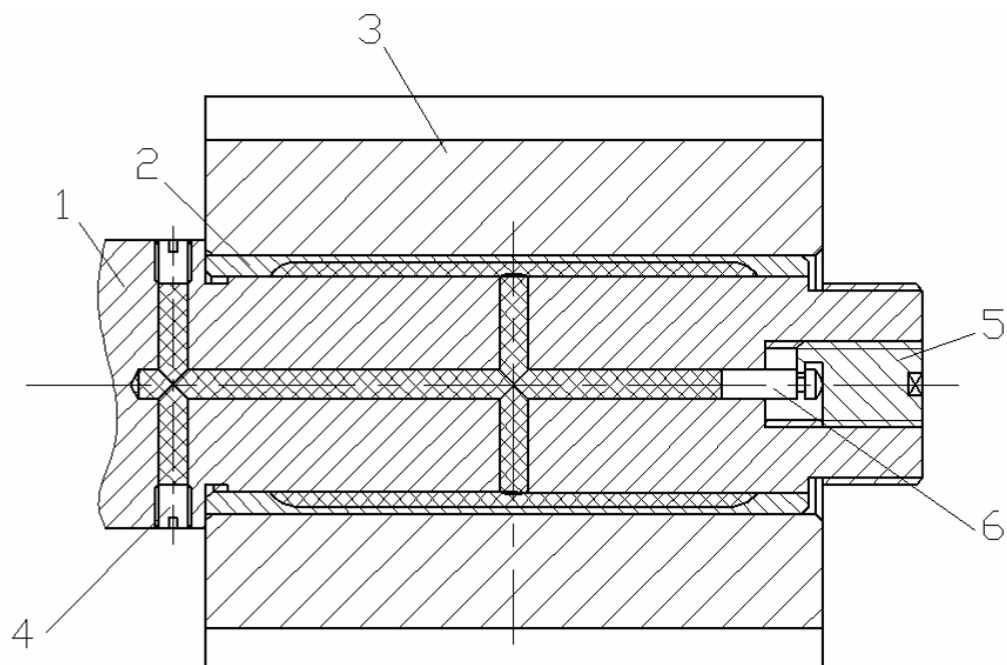


Рис. 9. Схема для расчета параметров гидрозажимного устройства

Для расчета параметров тонкостенной самоцентрирующейся втулки примем согласно рис. 8 следующие обозначения:

D_n – наружный диаметр втулки, мм;
 h – толщина тонкостенной части втулки, мм;
 e – длина посадочных поясков втулки, мм;
 t – толщина опорных поясков втулки, мм;
 L – длина тонкостенной части втулки, мм;
 ΔD_{don} – наибольшая диаметральная упругая деформация втулки, мм;
 S_{max} – максимальный зазор между установочной поверхностью втулки и базовой поверхностью отверстия корпуса фрезы, обычно принимают $S_{max} = 0,02 \dots 0,03$ мм;
 d_o – диаметр плунжера 6, мм;
 W – сила, развиваемая нажимным винтом 5, Н;
 T – сила, прикладываемая к рукоятке нажимного винта 5, Н;
 a – расстояние от точки приложения силы T до оси винта, мм;
 r_{cp} – средний радиус резьбы винта, мм;
 α – угол подъема резьбы винта;
 φ_{np} – приведенный угол трения, для метрической резьбы $\varphi_{np} = 6^\circ 40'$;
 P – удельное давление гидропластмассы, МПа.

5.3. Последовательность расчета приспособления с самоцентрирующейся втулкой

1. Определяем ориентировочное значение толщины стенки тонкостенного участка втулки, если наружный диаметр $D_n = 10 \dots 50$ мм

$$h = 0,015 D_n + 0,5, \text{ при } D_n = 50 \dots 150 \quad h = 0,025 D_n. \quad (1)$$

2. Находим допустимую деформацию (увеличение диаметра) тонкостенной части втулки (материал втулки сталь 45)

$$\Delta D_{don} = 0,002 D_n. \quad (2)$$

3. Определяем для условия $L > 0,3 D_n$ требуемое давление в полости втулки, МПа

$$P = \frac{2\Delta DEh}{D_n^2}, \quad (3)$$

где $E = 2,06 \cdot 10^{11}$ – модуль упругости, Па

4. Находим минимально необходимое усилие, передаваемое винтом 5 на плунжер 6, Н

$$W = \frac{\pi d_o^2 P}{4}. \quad (4)$$

5. Определяем силу, прикладываемую к рукоятке винта, Н

$$T = \frac{Wr_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}{a}. \quad (5)$$

6. Находим высоту рабочей полости тонкостенной втулки, мм

$$t - h = H = 2\sqrt[3]{D_n}. \quad (6)$$

7. Определяем длину посадочных поясков втулки, мм

$$e = 2,5\sqrt[3]{D_n}. \quad (7)$$

Пример расчета

Исходные данные:

- наружный диаметр тонкостенной втулки $D_n = 50$ мм;
- установочная длина втулки $L_y = 120$ мм;
- диаметр плунжера $d_0 = 10$ мм;
- средний радиус резьбы нажимного винта М18х1, $r_{cp} = 8,459$ мм;
- максимальный зазор в соединении фреза – шпиндель

$S_{max} = 0,03$ мм.

Определить недостающие параметры тонкостенной втулки.

Решение:

1. Определяем ориентировочное значение толщины стенки тонкостенного участка втулки по формуле (1)

$$h = 0,015 \cdot 50 + 0,5 = 1,25 \text{ мм},$$

принимаем $h = 1$ мм.

2. Находим допустимую деформацию втулки по формуле (2)

$$\Delta D_{don} = 0,002 \cdot 50 = 0,1 \text{ мм},$$

так как $\Delta D_{don} > S_{max} = 0,03$ можно констатировать: центрирование и зажим фрезы обеспечивается.

3. Определяем требуемое давление в полости втулки по формуле (3)

$$P = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 1}{50^2 \cdot 10^6} = 16,48 \text{ МПа}.$$

4. Находим минимально необходимое усилие от нажимного винта, формула (4)

$$W = \frac{\pi 10^2 16 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6} = 1256 \text{ Н}.$$

5. Необходимая сила, прикладываемая к рукоятке винта, находится по формуле (5), при этом конструктивно принимаем расстояние от точки приложения силы T до оси винта: $a = 80$ мм; $\operatorname{tg} \alpha = S/\pi d_{cp} = 1/\pi 16,918 = 0,0188$,

$$\alpha = 1,078^\circ; \varphi_{np} = 6,66^\circ;$$

$$T = \frac{1256 \cdot 8,459 \cdot 0,135}{80} = 17,92 \text{ Н.}$$

Принимаем $T \leq 20 \text{ Н.}$

6. Находим высоту рабочей полости тонкостенной втулки по формуле (6)

$$H = 2\sqrt[3]{50} = 7,36 \text{ мм, принимаем } H = 7 \text{ мм, откуда}$$

толщина опорных поясков втулки $t = H + h = 8 \text{ мм.}$

Таким образом, внутренний диаметр втулки $D_{\text{в}} = D_{\text{н}} - 2t = 34 \text{ мм.}$

7. Определяем по формуле (7) длину посадочных поясков втулки

$$\text{в} = 2,5\sqrt[3]{50} = 9,2 \text{ мм, принимаем } \text{в} = 10 \text{ мм.}$$

8. Длина тонкостенной части втулки

$$L = L_y - 2\text{в} = 120 - 20 = 100 \text{ мм.}$$

5.4. Содержание практического занятия 5

Согласно принятому варианту задания (табл. 5) изобразить схему гидрозажимного устройства. При этом буквенные обозначения параметров гидрозажимного устройства заменить на соответствующие численные значения, полученные в процессе расчета.

Общие данные для расчетов:

- диаметр нажимного плунжера $d_0 = 10 \text{ мм;}$
- средний радиус резьбы нажимного винта $M18 \times 1, r_{cp} = 8,459 \text{ мм;}$
- максимальный зазор в соединении фреза-шпиндель $S_{max} = 0,03 \text{ мм.}$

Расчет недостающих параметров проектируемого приспособления вести в соответствии с изложенным выше алгоритмом и представленным примером расчета.

Таблица 5

Переменные параметры для занятия 5

№ варианта	Наружный диаметр тонкостенной втулки, мм	Установочная длина тонкостенной втулки, мм
1	32	100
2	32	120
3	35	125
4	38	125
5	40	130
6	45	135
7	50	140
8	50	150
9	60	150
10	60	160

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вандерер К.М. Специальный дереворежущий инструмент. [Текст] / К.М. Вандерер, Г.А. Зотов // М.: Лесн. пром-сть, 1983. 204 с.
2. Грубе А.Э. Дереворежущие инструменты [Текст] / А.Э. Грубе // М.: Лесн. пром-сть, 1971. 344 с.
3. Глебов И. Т. Справочник по дереворежущему инструменту [Текст] / И.Т. Глебов, Д.В. Неустроев; Екатеринбург: УГЛТУ, 2000. – 253 с.
4. Сулинов В.И. Повышение точности установки насадных дереворежущих фрез [Текст] / В.И. Сулинов, С.В. Щепочкин, А.К. Гороховский, А.И. Кузнецов // Труды IV международного симпозиума; Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. 239 с.
5. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] / М.А. Ансеров / М.: Машиностроение, 1975. 649 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Общие указания	3
2. Фрезы, их типы	
2.1. Сборные фрезы	3
2.1.1. Устройство	3
2.1.2. Расчет клинового крепления ножей	6
2.1.3. Содержание практического занятия 1	9
2.1.4. Содержание практического занятия 2	9
3. Цельные затылованные фрезы	10
3.1. Общие сведения	10
3.2. Выбор основных параметров	10
3.3. Анализ профиля фрезы	11
3.4. Профилирование зубьев фрезы	11
3.5. Аналитический расчет профиля фрезы	13
3.6. Расчет конструктивных параметров	14
3.7. Оформление чертежа	17
3.8. Содержание практического занятия 3	19
4. Расчет крепления дисковой пилы на валу	19
4.1. Содержание практического занятия 4	21
5. Повышение точности установки насадных фрез	22
5.1. Общие сведения	22
5.2. Описание гидрозажимного устройства	23
5.3. Последовательность расчета приспособления с самоцентрирующейся втулкой	25
5.4. Содержание практического занятия 5	27
Библиографический список	28